

J1017 U.S. PTO
09/894621



#2
VT
9/14/01

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 67183 호
Application Number

출원년월일 : 2000년 11월 13일
Date of Application

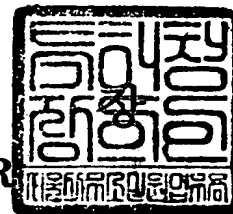
출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s)



2001 년 05 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】 특허출원서
【권리구분】 특허
【수신처】 특허청장
【제출일자】 2000.11.13
【발명의 명칭】 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠펙 비디오 전송 시스템
【발명의 영문명칭】 APPARATUS FOR REAL TIME TRANSMISSION OF VARIABLE BIT RATE MPEG VIDEO TRAFFIC WITH CONSISTENT QUALITY
【출원인】
【명칭】 삼성전자 주식회사
【출원인코드】 1-1998-104271-3
【대리인】
【성명】 임창현
【대리인코드】 9-1998-000386-5
【포괄위임등록번호】 1999-007368-2
【대리인】
【성명】 권혁수
【대리인코드】 9-1999-000370-4
【포괄위임등록번호】 1999-056971-6
【발명자】
【성명의 국문표기】 김태용
【성명의 영문표기】 KIM, TAE YONG
【주민등록번호】 550718-1709518
【우편번호】 442-470
【주소】 경기도 수원시 팔달구 영통동 벽적골 태영APT 936동 1405호
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
임창현 (인) 대리인
권혁수 (인)
【수수료】
【기본출원료】 20 면 29,000 원
【가산출원료】 16 면 16,000 원



1020000067183

2001/5/

【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	10	항	429,000	원
【합계】	474,000			원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통			

【요약서】**【요약】**

여기에 개시된 가변 비트율 엠펙(VBR MPEG) 비디오 전송 시스템에서, 각각의 프레임은 인코딩률 제어기에 의해 제공되는 양자화 파라미터와 함께 인코딩 되고, 인코딩된 데이터는 인코더 버퍼로 전송된다. 각각의 프레임 간격에 대한 전송률은 프레임 간격이 시작되는 곳에서 채널률 제어기에 의해 결정된다. 인코더 버퍼에 버퍼링 된 데이터의 전송은 리키 버킷 카운터에 의해 제일 먼저 규제를 받게되고, 규제된 데이터는 네트워크를 통해서 비디오 수신 시스템에 구비된 디코더 버퍼로 전달된다. 이와 같이, VBR 비디오 전송 시스템에 포함된 인코딩률 제어기와 채널률 제어기는, 부과된 제한 조건들을 만족시키면서 비디오 인코더로부터 발생된 전송률과 네트워크로부터의 전송률을 각각 제어한다.

【대표도】

도 1

【명세서】**【발명의 명칭】**

일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠펙 비디오 전송 시스템{APPARATUS FOR REAL TIME TRANSMISSION OF VARIABLE BIT RATE MPEG VIDEO TRAFFIC WITH CONSISTENT QUALITY}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 VBR 비디오 송/수신 시스템의 구성을 보여주는 위한 블록도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

100 : VBR 비디오 전송 시스템 110 : 비디오 인코더

120 : 인코더 버퍼 130 : 인코딩률 제어기

140 : 채널률 제어기 150 : LB 카운터

200 : 네트워크 300 : VBR 비디오 수신 시스템

310 : 디코더 버퍼 320 : 비디오 디코더

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<8> 본 발명은 비디오 전송 시스템에 관한 것으로서, 더 구체적으로는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠펙 비디오 전송 시스템에 관한 것이다.

<9> 1989년 6월, W. Verbiest 및 L. Pinoo에 의해 IEEE J. Select. Areas Commun.,

Vol. 7, No. 5, pp. 761-770에 실린 논문 'A variable rate video decoder for synchronous transfer mode networks'와, 1994년, N. Ohta에 의해 Artech House에서 출간된 'Packet Video, Modeling and Signal Processing'에 의하면, 가변 비트율(variable bit rate ; VBR) 비디오는 항등 비트율(constant bit rate ; CBR) 비디오 보다 더욱 일관된 화질을 제공하는 것으로 알려져 있다. 그렇지만 비디오 트래픽(video traffic)이 코딩된 VBR MPEG(Moving Picture Experts Group)은, 1995년 4월, ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11/N0801rev, 'Generic coding of moving pictures and associated audio : video', MPEG Committee Draft : Rec. H. 262에 개시되어 있는 바와 같이, I-, P- 및 B-프레임(frame)과 같은 3 가지의 각기 다른 인코딩 프레임 타입들에 의해서 매우 갑자기 등장하게 되었다. 이 VBR 비디오는, 1996년 8월, D. J. Reininger, D. Raychaudhuri 및 J. Y. Hui에 의해 IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 4, No. 6, pp. 1076-1086에 실린 논문 'Bandwidth renegotiation for VBR video over ATM networks'에 개시되어 있는 바와 같이, 다른 내용을 가지는 연속적인 장면들 때문에 매우 시변적(time variant)인 특성을 가진다.

<10> 일관된 화질을 가진 비디오는, 동일한 양자화(quantization) 파라미터를 모든 프레임들로 제공하는 비제한적 VBR(unconstrained VBR)을 전송함에 의해서 얻어질 수 있다. 이에 대한 내용은 D. J. Reininger 등에 의한 상기 논문과, 1994년 5월, P. Pancha 및 M. El Zarki에 의해 IEEE Commun. Mag., Vol. 32, No. 4, pp. 54-66에 실린 논문, 'MPEG Coding for Variable Bit Rate Video Transmission'에

개시되어 있다. 그러나, ATM(Asynchronous Transfer Mode) 네트워크는 한정된 대역폭(bandwidth)을 제공하기 때문에, 피크율(peak rate), 유지 가능한 비율(sustainable rate), 그리고 최대 버스트 길이(maximum burst length)와 같은 3 가지 파라미터에 의해 특징 지워지는 제한적 VBR(constrained VBR)을 필요로 한다. 평활화(smoothing)(또는 셰이핑(shaping))은, 1988년 7월, B. Maglaris 등에 의해 IEEE Trans. Commun., Vol. 36, No. 7, pp. 834-844에 실린 논문 'Performance models of statistical multiplexing in packet video communications'와, 1993년 F. Bernabei 등에 의해 Proc. INFOCOM, pp. 1330-1336에 실린 논문 'Analysis of ON-OFF source shaping for ATM multiplexing'에 개시되어 있는 바와 같이, 네트워크 이용을 효과적으로 개선하고, 적절한 딜레이 비용으로 제한적 VBR을 획득할 수 있는 가장 믿음직한 방법 중 하나 이다.

- <11> 평활화와 함께 대역협상(bandwidth negotiation)은 전송을 위한 또 하나의 중요한 스킴이다. 그러나, 평활화 및 대역협상 방법의 적절치 못한 동작들은 예기치 않은 인코더 버퍼 오버플로우(encoder buffer overflow), 디코더 버퍼 오버플로우(decoder buffer overflow), 또는 협상된 대역폭의 침해를 일으킬 수 있으며, 이는 전송된 비디오 데이터의 화질을 심각하게 저하시키는, 원치 않는 데이터의 손실을 유발한다. 그러므로, 조인트 인코더(joint encoder) 및 채널률(channel rate)의 제어는, 1992년 12월, A. R. Reibman 및 B. G. Haskell에 의해 IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., Vol. 2, No. 4, pp. 361-372에 실린 논문 'Constraints on variable bit-rate video for ATM networks'와, 1997년 4월, W.

Ding에 의해 IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., Vol. 7, No. 2, pp. 266-278에 실린 논문 'Joint encoder and channel rate control of VBR video over ATM networks'에 개시되어 있는 바와 같이, 할당된 대역폭과 인코더 및 디코더 버퍼 크기를 고려해서 실행되어야만 한다.

- <12> Reininger 등은 트래픽 평활화(traffic smoothing) 없는 대역협상 스킴(bandwidth renegotiation scheme)과, 협상된 트래픽 파라미터들(renegotiated traffic parameters)과 일치하는 인코딩률 제어 스킴(encoder rate control scheme)을 제안하고 있다.
- Reibman 등은 인코딩 된 비디오 비트율(즉, 인코딩 된 비디오 전송률) 상에 부과된 제약들이 인코더 및 디코더 버퍼링에 의해 유발된다는 것에 주목하고 있으며, Ding은 트래픽 평활화 및 조인트 인코더와 채널률 제어 스킴을 제안하고 있다. 이 방법에서, 협상된 피크율(negotiated peak rate)는, 실제적으로 사용되는 피크율이 매우 작을 때 매우 큰 값을 가진다. 이는, 사용된 피크율이 할당된 피크율의 1/2이기만 하면, 할당된 피크율은 유지되어온 비율(약 180kbits/프레임) 보다 4 배 가량 높게 된다. Reibman 및 Ding에 의한 상기 논문들에 나타나 있는 스킴을 살펴보면, 대역협상을 위한 트래픽 파라미터들 또는 비율 제어는 온라인 프로세싱(on-line processing)에 의해 획득될 수 없는 문제가 있다. 1995년, K. Joseph와 D. Reininger 에 의해 Proc. ICIP, pp. 1761-1767에 실린 논문 'Source traffic smoothing and ATM network interfaces for VBR MPEG video encoders'와, 1995년, S. Jung과 J. S. Meditch에 의해 Proc. ICC, pp. 832-836에 실린 논문 'Adaptive Prediction and smoothing of MPEG Video in ATM networks' ,

그리고 1994년 S. S. Lam, S. Chow 및 D. K. Y. Yau에 의해 ACM SIGCOMM, pp. 281-293에 실린 논문 'An Algorithm for Lossless Smoothing of MPEG Video'에 개시되어 있는 바와 같이, VBR MPEG 비디오를 위한 트래픽 평활화에 관련된 몇몇 작업들이 수행되어 오고 있다. 그러나, 상기 작업들에서는 대역협상 스킴에 대해서 고려하지 않고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<13> 따라서, 본 발명의 목적은 상술한 제반 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 일관된 화질을 가지는 VBR MPEG 비디오 트래픽을 위한 효과적인 실시간 전송 회로를 제공하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<14> 상술한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 의하면, 비디오 전송 시스템은, 비디오 데이터를 인코딩하기 위한 비디오 인코더, 상기 비디오 인코더로부터 인코딩된 데이터를 저장하기 위한 인코더 버퍼, 상기 비디오 데이터의 프레임에 대한 이산 코사인 변환 계수에 응답해서 상기 프레임 동안 목표 양자화 파라미터에 의해 양자화 되는 비트 수를 추정하고, 슬라이스 레벨을 기초로 하는 양자화 파라미터들을 상기 인코더로 발생하기 위한 인코딩률 제어기, 상기 인코딩률 제어기로부터 발생된 상기 비트 수에 응답해서 평활화 및 대역협상을 위한 파라미터들을 발생하기 위한 채널률 제어기, 상기 채널률 제어기로부터 발생된 상기 파라미터들에 응답해서 협상된 파라미터들을 발생하기 위한 네트워크, 그리고 상기 네트워크로부터 발생된 상기 협상된 파라미터들에 응답해서 상기 인코더 버퍼에 저장되어 있는 상기 비디오 데이터를 상기 네트워크를 통해 전송하기 위한 리키 버킷 카운터(Leaky Bucket counter)를 포함한다.

<15> (실시예)

<16> 이하 본 발명에 따른 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

<17> 본 발명의 신규한 VBR 비디오 전송 시스템은 각각의 프레임은 인코딩률 제어기에 의해 제공되는 양자화 파라미터와 함께 인코딩 되고, 인코딩된 데이터는 인코더 버퍼로 전송된다. 각각의 프레임 간격에 대한 전송률은 프레임 간격이 시작되는 곳에서 채널률 제어기에 의해 결정된다. 인코더 버퍼에 버퍼링 된 데이터의 전송은 리키 버킷 카운터에 의해 제일 먼저 규제를 받게되고, 규제된 데이터는 네트워크를 통해서 비디오 수신 시스템에 구비된 디코더 버퍼로 전달된다.

<18> 본 발명에서는 일관된 화질을 가지는 VBR MPEG 비디오 트래픽의 실시간 전송을 위한 효과적인 방법을 제안하고자 한다. 본 발명에서는 협상된 트래픽 파라미터들은 물론 인코더 및 디코더 버퍼들에 의해 부과된 제약들을 따르는 조인트 인코더(joint encoder) 및 채널률 제어 스킴(channel rate control scheme)을 제공한다. 이는 일관된 화질을 유지하기 위해 제공되는 것으로서, 각각의 프레임에 인가되는 목표 평활화 파라미터(target quantization parameter ; target Q)는 인코더 및 디코더 버퍼 크기 및 딜레이를 고려해서 적절하게 선택되어야만 한다. 수치가 낮은 목표 평활화 파라미터(target Q)는 더욱 빈번하게 인코딩률 제어(encoder rate control)를 받게 되어, 전송되는 비디오의 화질에 상당한 변동(fluctuation)을 유발한다.

<19> 본 발명은 제안된 비트율 제어 스킴을 위해 목표 평활화 파라미터(target Q)를 선택하는 효과적인 방법 또한 제공한다. 그리고, 평활화된 트래픽을 위한 동적 대역협상 스킴(dynamic bandwidth renegotiation scheme)도 제공한다.

<20> 대역협상 방법에 있어서, 평활화된 트래픽을 위한 트래픽 파라미터들 및 그것에게 요구되는 대역폭은 실시간을 토대로 추정되며, 네트워크와 함께 동적으로 협상된다. 딜레이 없이 VBR MPEG 비디오의 전송을 위한 트래픽 파라미터들의 상태들을 분석함에 의해서 우리는 트래픽 평활화 스킴을 제안한다. 여기서, 피크율은 유지 가능한 비율로 평활화 될 수 있다. 비제한적 VBR(unconstrained VBR), 또는 동일한 평균 대역폭을 가지는恒定 비트율(CBR)의 코딩 결과들은, 모의실험(simulations)을 통해 제안된 알고리즘과 비교된다. 일부 모의실험 결과들은, 본 발명에서 제안된 알고리즘에 의해서 일관된 품질의 비디오가 전송 가능한 것을 나타낸다.

<21> 본 발명에서는, 동일한 목표 양자화 파라미터들(target quantization parameters)이 한 장면(scene) 내의 동일한 타입의 프레임들(frames)에 적용될 때, 전송되는 비디오의 일관된 화질이 획득될 수 있다고 가정한다. VBR MPEG 비디오 송/수신 시스템은 도 1과 같다.

<22> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 VBR 비디오 송/수신 시스템(100, 300)을 보여주 위한 블록도이다. 도 1을 참조하면, VBR 비디오 전송 시스템(100)은 비디오 인코더(110), 인코더 버퍼(120), LB 카운터(150), 인코딩률 제어기(encoder rate controller ; ERC)(130), 그리고 채널률 제어기(channel rate controller ; CRC)(140)를 포함한다. 그리고 VBR 비디오 수신 시스템(300)은 디코더 버퍼(310)와 비디오 디코더(320)를 포함한다. VBR 비디오 전송 시스템(100)에 포함된 인코딩률 제어기(130) 및 채널률 제어기(140)는, 부과된 제한 조건들을 만족시키면서 비디오 인코더(110)로부터 발생된 전송률과 네트워크로부터의 전송률을 각각 제어한다.

<23> 즉, 도 1을 참조하면, 각각의 프레임은 인코딩률 제어기(encoder rate controller

; 130)에 의해 제공되는 양자화 파라미터(quantization parameter ; $E_i(Q_{gr})$)와 함께 코딩된다. 비디오 인코더(video encoder ; 110)로부터 코딩된 데이터는 인코더 버퍼(encoder buffer ; 120)로 전송된다. 각각의 프레임 간격(frame interval)을 위한 전송률(transmission rate)은 프레임 간격이 시작되는 곳에서 채널률 제어기(channel rate controller ; 140)에 의해 결정된다. 버퍼링 된 데이터의 전송은 리키 버킷 카운터(Leaky Bucket counter ; 150)에 의해 제일 먼저 규제되고, 규제된 데이터는 네트워크(200)를 통해서 디코더 버퍼(decoder buffer ; 310)로 전달된다. 여기서, 네트워크 내의 딜레이는 항상 일정한 것으로 가정한다. 그 결과, 네트워크 내의 딜레이는 비율 제어 스킴을 위해 무시된다.

<24> 본 발명은, 각각의 프레임 타입들을 위한 목표 양자화 파라미터들의 적절한 세트(appropriate set)의 선택을 위한 스킴을 제안한다. 그리고, 조인트 인코더(joint encoder) 및 채널률 제어는, 인코더와 디코더의 버퍼 사이즈 및 협상된 트래픽 파라미터들에 의해 부과되는 제한을 따른다. 아래의 기호들은 본 발명을 설명하는데 사용될 부호들이다.

<25> $Q_{tgt} = Q_I, Q_P, Q_B$ 는 목표 양자화 파라미터들의 세트로서, 여기서, Q_I, Q_P 및 Q_B 는 I-, P- 및 B-프레임을 각각 나타낸다. T는 디코딩 되지 않은 프레임에 대응되는 구간(time duration)을 나타낸다. E_i 및 R_i 는 i번째 프레임 구간 $[(i-1)T, iT]$ 동안 발생되고 전송된 비트 수를 각각 나타낸다. E_i^+ 및 R_i^+ 는 i번째 프레임 구간 동안 발생되고 전송될 수 있는 최대 비트 수를 각각 나타낸다. $E_{tgt,i}$ 는 i번째 프레임 구간 동안 발생하는 목표 비트 수를 나타낸다. $E_i(Q_{tgt})$ 및 $\tilde{E}_i(Q_{gr})$ 는 i번째 프레임 구간 동안 목표 양자화

파라미터들(Q_{tgt})에 따라 양자화 된 실제 비트 수 및 추정된 비트 수를 각각 나타낸다. D 는 프레임들 내의 딜레이를 나타내며, 디코더가 데이터를 수신하기 시작한 이후 디코딩 시작 전에 DT 초(second)를 기다린다. B^e_i 및 B^d_i 는 i 번째 프레임 구간이 종료될 때, 즉 $t=iT$ 일 때, 인코더 및 디코더의 비트에 따른 버퍼 상태를 각각 나타낸다. B^e_{max} 및 B^d_{max} 는 인코더 및 디코더의 비트에 따른 버퍼 사이즈를 각각 나타낸다. L_{max} 는 비트에 따른 LB 카운터의 사이즈를 나타낸다. 그리고, L_i 는 i 번째 프레임 구간이 종료될 때, 즉 $t=iT$ 일 때, 비트에 따른 LB 카운터의 상태를 나타낸다.

- <26> 도 1을 참조하여 상기 비디오 전송 시스템(100)의 동작을 살펴 보면 다음과 같다.
- <27> 예를 들어, i 번째 프레임이 코딩되기 위해 현재 대기중이라고 가정하자. 이전에 코딩된 프레임은 물론 이산 코사인 변환(DCT) 파라미터 등과 같은 현재 프레임으로부터 얻어지는 정보를 사용하여 상기 프레임이 목표 양자화 파라미터들(Q_{tgt})과 인코딩 될 때, 인코딩률 제어기(130)는 $\hat{E}_i(Q_{tgt})$ 을 추정한다. 그리고, 인코딩률 제어기(130)는 $\hat{E}_i(Q_{tgt})$ 및 채널률 제어기(140)로부터 제공되는 E_i^+ 를 사용함에 의해서 목표 비트율(E^{tgt})을 계산한다. 그리고 나서, 인코딩률 제어기(130)는 슬라이스 레벨(slice-level)을 기초로 하는 양자화 파라미터(즉, $q_{i,k}$ ($k=0, 1, \dots, N_{slice}-1$))를 적절히 부여함에 의해서 목표 비트율을 초과하지 않도록 실제 인코딩률을 제어한다.
- <28> 그리고, 채널률 제어기(140)는, 인코딩률 제어기(130)로부터 제공되는

$E_j(Q_{igr}), (j=i-G_{N+1}, \dots, i)$ 을 사용하여, 평활화 및 대역협상을 수행하는 트래픽 파라미터들을 추정한다. 그리고, 필요시에는 새로이 요구되는 대역폭을 위해서 네트워크와 협상을 수행한다. 그리고, 채널률 제어기(CRC)는, 인코더 및 디코더 버퍼들과 협상된 파라미터들에 의해 부과되는 제약 조건들을 만족시키는 계산된 상한치 E_i^+ 및 R_i^+ 를 사용함에 의해서, 인코더 버퍼(120)로부터 전송되는 실제 비율을 결정하게 되며, 필요시에는 인코더 버퍼(120) 내의 언더플로우를 피하기 위해 비트들이 채워지게 된다.

<29> 도면에 도시된 LB 카운터(150)는 폴리싱 트래픽(policing traffic)을 위한 장치로서, 이는 i 번째 프레임이 코딩되는 기간 동안 R_i 비트를 증가시키고 R_s 비트를 감소시키는 동작을 수행한다. LB 카운터가 가득 찰 때, 인코더 버퍼로부터 전송된 소정의 데이터는 버려진다. 예를 들어, $R_p = R_s$ (또는, $K_p = 0$)가 되면 LB 카운터 사이즈는 0이 되고(즉, $L_{max}=0$), 그 결과 채널률은 R_s 로 제한된다.

<30> 비디오 디코더(320)는 $t = (i+D-1)T$ 에서 i 번째 프레임을 디코딩하기 시작하고, $t = (i+D)T$ 에서 디코딩을 완료한다. 그러므로, i 번째 프레임의 모든 데이터는 $t = (i+D)T$ 일 때까지 디코더 버퍼로 전송되어야 한다.

<31> 인코더 및 채널률 상의 제약은 Reibman 및 Haskell의 상기 논문에 잘 나타나 있다. 여기서, 인코더와 디코더의 트래픽 파라미터들 및 버퍼 사이즈들에 의해 부과되는 인코더 및 채널률의 범위를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

<32> 디코더(320)는 디코더(320)가 데이터를 받아들이기 시작한 이후부터 디코딩을 시작하기 전까지의 D 프레임 구간(frame periods) 동안 대기한다. 그리고, 인코딩률(E_i)은 $t=(i+D)T$ 전에 전송되어야만 한다. 채널률이 R_i 일 때 버퍼 상태는 아래 [수학식 1] 및 [

수학식 2]와 같게 된다.

<33> [수학식 1]

$$<34> \quad B^e_i = B^e_{i-1} + E_i - R_i, \quad 0 \leq B^e_i \leq B^e_{\max}$$

<35> [수학식 2]

$$<36> \quad B^d_i = B^d_{i-1} + R_i - E_{i-D}, \quad 0 \leq B^d_i \leq B^d_{\max}$$

<37> 이 된다. 여기서, $B^e_i = B^d_i = 0$ 이고, $E_i = R_i = 0$ (for $i \leq 0$)이다.

<38> 트래픽 폴리서(traffic policer)는 LB에 의해서 LB 카운터(LB counter)라 불리는 카운터(150)를 구비한다. 이는 네트워크(200) 내의 가상 버퍼(virtual buffer)의 상태를 검출한다. LB 카운터는 R_i 비트를 받아들이고, i 번째 프레임 구간 동안 R_S 비트를 출력한다. LB 카운터의 사이즈가 L_{\max} 일 때, i 번째 프레임 구간의 종료시($t=iT$)의 LB 카운터의 상태는

<39> [수학식 3]

$$<40> \quad L_i = \min\{L_{\max}, \max\{0, L_{i-1} + R_i - R_S\}\}$$

<41> 가 된다. 이 때, $i = 1, 2, \dots$ 이며, $L_0 = 0$ 이다.

<42> 상기 시스템은 임의의 주어진 시간에 $B^e_{\max} + B^d_{\max}$ 비트 이상을 저장할 수 없다.

만약 연속적인 D 프레임들로부터 코딩된 비트 수가 시스템 버퍼의 전체 사이즈(즉, $B^e_{\max} + B^d_{\max}$) 보다 크면, 일부 코딩된 데이터는 버퍼 오버플로우에 의해 손실될 수 있다. 그러므로, 아래에 표시된 [수학식 4]는, i 가 D 보다 크거나 같을 때 유효하게 된다.

<43> [수학식 4]

$$<44> \quad \sum_{j=0}^{D-1} E_{i-j} \leq B_{\max}^e + B_{\max}^d$$

<45> 위 식은 [수학식 1] 및 [수학식 2]로부터 쉽게 구해질 수 있으며, 이는 인코딩률 (또는 목표 양자화 파라미터) 및 딜레이가 인코더 버퍼(120) 사이즈 및 디코더 버퍼(310) 사이즈와 밀접한 관계가 있음을 나타낸다.

<46> 디코더 버퍼(310) 및 LB 폴리서에 의해서 채널률이 최대 채널률 내로 허용되었다면, 딜레이에 대한 제약은 보증될 수 있다. i번째 프레임 구간 동안 전송될 수 있는 최대 비트 수인 R_i^+ 는, [수학식 2] 및 [수학식 3]에 의해 [수학식 5]와 같이 표시된다.

<47> [수학식 5]

$$<48> \quad R_i^+ = \min\{ B_{\max}^d - B_{i-1}^d + E_{i-D}, L_{\max} - L_{i-1} + R_s \}$$

<49> 앞에서 설명한 바와 같이, 인코딩률(E_i)는, 인코딩시의 인코더 버퍼 오프로우는 물론 디코딩시의 디코더 버퍼 오버플로우 조건을 만족시켜야만 한다. 그러므로, 비디오 인코더에 의해서 발생될 수 있는 최대 비트 수(E_i^+)는 [수학식 1] 및 [수학식 2]에 의해서 다음과 같이 얻어질 수 있다.

<50> [수학식 6]

$$<51> \quad E_i^+ = \min\{ B_{\max}^e - B_{i-1}^e + R_i^+, B_{i+D-1}^d + R_{i+D}^+ \}$$

<52> 여기서, B_{i+D-1}^d 및 R_{i+D}^+ 는 Reibman의 상기 논문에 나타나 있는 바와 같이, E_j , $j = i, i+1, \dots, i+D-1$ 과 [수학식 5]를 사용함에 의해서 구해진다. 그리고, 실제

인코딩률(E_i) 및 실제 채널률(R_i)는 인코더 언더플로우 상태, 즉 $B_{i-1}^e \leq R_i - E_i$ 을 만족시켜야만 한다. 그러나, 인코더 버퍼 언더플로우(encoder buffer underflow)가 예상될

때 , 이는 스테핑 비트(stuffing bits)에 의해서 적절히 회피될 수 있다.

<53> 만약 연속적인 D 프레임들로부터 코딩된 비트의 수가 시스템 버퍼의 사이즈(즉, $B_{\max}^e + B_{\max}^d$) 보다 크다면, 그것을 뒤따르는 몇몇 프레임들은 코딩된 데이터의 손실을 피하기 위해서 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt}) 세트 보다 큰 양자화 파라미터들로 코딩되어야만 한다. 그러나, 이는 전송되는 비디오의 화질의 저하를 유발하여, 비디오의 화질에 의도하지 않은 변동(fluctuation)이 발생하게 된다. 이러한 변동은 시스템 버퍼 사이즈를 고려한 목표 양자화 파라미터들(Q_{tgt})의 올바른 선택에 의해서 피할 수 있다.

<54> 본 발명에서는, D가 GOP(group of picture) 사이즈보다 작거나 같다고 가정한다. D 프레임들 중 하나가 I-프레임일 때 가장 큰 버퍼가 요구되며, D 프레임들은 하나의 I-프레임과 N_p 개의 P-프레임, 그리고 N_B 개의 B-프레임으로 구성된다. 만약 I-, P- 및 B-프레임 각각의 비트 수가 $x:y:z$ 의 비율을 가진다면, 모든 프레임들은 동일한 화질을 가질 것이고, I-프레임에 배치 가능한 비트의 수는 다음과 같게 된다.

<55> [수학식 7]

$$<56> \quad E_I = \frac{x(B_{\max}^e + B_{\max}^d)}{x + yN_p + zN_B}$$

<57> x , y , 및 z 의 값들은, $x:y:z=4:2:1$ 과 같이 경험에 의하여 선택된다. T. Y. Kim과 J. K. Kim은 1997년 Proc. ISCAS'97, pp. 1261-1264에 실린 논문 'An accurate control of MPEG video by rate-codewords modeling'에서, 코드워드 카운트(codeword count) 및 실제 비트 카운트(real bit count) 사이의 선형적인 관계를 기초로 하는 비트율 추정(즉, 전송률 추정) 및 실제 비트율 제어 알고리즘(즉, 실제 전송률 제어 알고리즘)을 제안한다. 이 논문에 의하면, I-프레임을 위한 목표 양자화 파라미터는 다음과 같다.

<58> [수학식 8]

$$<59> \quad Q_I^* = \arg \min_{Q_I} |C_i(Q_I) - \tilde{C}_i(E_I)|$$

<60> 여기서, $C_i(Q_I)$ 는 이산코사인변환(discrete cosine transform ; DCT) 계수의 분석에 의해 계산되는 I-프레임 양자화 파라미터(Q_I)를 사용함에 의해서 발생하는 코드워드의 개수를 의미하고, $\tilde{C}_i(E_I)$ 는 [수학식 7]에 의해 주어진 목표 비트 카운트(E_I)로부터 추정된 코드워드의 개수를 의미한다. [수학식 8]에 표시된 $\tilde{C}_i(E_I)$ 는 다음과 같다.

<61> [수학식 9]

$$<62> \quad \tilde{C}_i(E_I) = \frac{E_I - \beta}{\alpha}$$

<63> 여기서, α 및 β 는 동일한 타입의 이전 프레임의 코딩 결과로부터 계산되어진 모델 파라미터들(model parameters)이다. P-프레임 및 B-프레임 양자화 파라미터들인 Q_P 및 Q_B 가 결정되고, 그 결과 P-프레임 및 B-프레임의 PSNR(peak signal to noise ratio)들은 I-프레임과 같아질 수 있게 된다. 본 발명에 의하면 $\{Q_I, Q_P, Q_B\} = \{3, 4, 5\}$ (for $Q_I \leq 3$)이고, $\{Q_I, Q_P, Q_B\} = \{Q_I, Q_I+1, Q_I+2\}$ (for $4 \leq Q_I \leq 9$)이며, $\{Q_I, Q_P, Q_B\} = \{Q_I, Q_I+2, Q_I+4\}$ (for $10 \leq Q_I$)의 값을 각각 가지게 된다.

<64> 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt}) 세트는 각각의 프레임이 코딩되기 전에 선택되어야만 한다. 특히, 화면이 변할 때마다 앞에서 설명한 방식을 사용함에 의해서 양자화 파라미터들을 변경하는 것은, 일관된 화질을 유지하는데 매우 효과적인 것이 될 것이다. 화면이 변화되지 않음에도 불구하고, 만약 다수의 프레임들이 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})와 다른 양자화 파라미터에 의해 코딩되었다면 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})는 변경될 필

요가 있다.

<65> $E_i(Q_{tgt})$ 및 $\tilde{E}_i(Q_{tgt})$ 각각을 i 번째 프레임을 위한 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})와 더불어 양자화 된 실제 비트 수 및 추정된 비트 수라고 할 때, TM5(Test Model 5)의 경우 $\tilde{E}_i(Q_{tgt})=X/Q_{tgt}$ 가 된다. 여기서 X 는 동일한 타입의 이전 프레임의 전체적 복잡성(global complexity)을 나타낸다. Kim은 아래 식과 같은 코드워드 개수와 추정된 비트 수와의 선형 관계를 사용함에 의해서 상기 비트 수($\tilde{E}_i(Q_{tgt})$)를 정확하게 추정한다.

<66> [수학식 10]

$$\tilde{E}_i(Q_{tgt}) = \alpha C_i(Q_{tgt}) + \beta$$

<68> 여기서, α 및 β 는 [수학식 9]에 표시된 파라미터들과 동일하다. 이상적인 경우, $\tilde{E}_i(Q_{tgt})$ 는 $E_i(Q_{tgt})$ 와 같게 된다. 상기와 같은 선형 관계에 의한 방법은 Kim의 논문에서 제시된 TM5 보다 훨씬 우수한 성능을 제공한다. 즉, 본 발명에서는 인코딩률 제어 스킴을 위해서 Kim의 논문에서 제시된 비트율 추정 모델을 확장한다.

<69> 앞에서 설명한 바와 같이, 만약 i 번째 프레임이 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})와 함께 코딩되면, 비트 수($\tilde{E}_i(Q_{tgt})$)가 발생되고, 상기 인코더는 $E_i \leq E_i^+$ 가 될 수 있도록 제어된다. 그 결과, 만약 $\tilde{E}_i(Q_{tgt}) \leq E_i^+$ 이면 목표 비트율(E_{tgt_i})이 $\tilde{E}_i(Q_{tgt})$ 로, 그리고 만약 $\tilde{E}_i(Q_{tgt}) > E_i^+$ 이면 목표 비트율(E_{tgt_i})이 E_i^+ 로 되고, $E_i \leq E_{tgt_i}$ 가 되기 위해 인코더가 조절된다. 그러나, 부정확한 비트율 추정으로부터 발생된 인코딩률 제어의 부정확성 때문에 목표 인코딩률(E_{tgt_i})은 다음과 같이 추정된다.

<70> [수학식 11]

$$\text{if } (\tilde{E}_i(Q_{tgt}) < \alpha E_i^+), E_i^{tgt} = \tilde{E}_i(Q_{tgt}) \text{ and quantize with } Q_{tgt}$$

<72> and if $(\widetilde{E}_i(Q_{tgt}) \geq aE_i^+)$, $E_i^{tgt} = aE_i^+$ and *control the encoding rate*

<73> 여기서, 실제 비트율이 상한선을 넘을 수 없도록 상수 a 가 선택되어 $E_i \leq E_i^+$ 가 되며, 본 발명에서 상수 a 는 0.9가 사용되었다. 프레임에서 프레임으로 일정한 화질을 유지하기 위해 모든 프레임들이 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})와 함께 코딩되는 것은, VBR MPEG 비디오를 위한 비율 제어의 가장 중요한 목적 중 하나 이다. 그러나, 트래픽 파라미터들 및 버퍼 사이즈들에 의해 부과되는 몇몇 제한들 때문에, 실제로 발생하는 비트 카운트(E_i)는 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})를 사용해서 코딩되는 실제 비트 카운트($E_i(Q_{tgt})$)와 달라질 수 있다. 만약 $E_i \leq E_i^+$ 가 되도록 인코딩률이 제어된다면, 인코더 버퍼 내의 오버플로우(overflow)는 발생되지 않게 된다. $E_i \ll E_i^+$ 일 때 발생할 수 있는 언더플로우(underflow)는 스템핑 비트(stuffing bits)에 의해서 해결될 수 있다.

<74> 그러나, 만약 $E_i > E_i^+$ 이면, 인코더 버퍼 내의 오버플로우 또는 디코더 버퍼 내의 언더플로우에 의해서 몇몇 데이터의 손실이 발생할 수 있다. 이러한 문제는 아래에 설명된 바와 같이, 프레임 내의 각각의 슬라이스(slice)에 대한 양자화 파라미터들을 적절히 선택함에 의해서 해결될 수 있다.

<75> $q_{i,k}$ 를 i 번째 프레임의 k 번째 슬라이스로 실제 제공되는 양자화 파라미터라 할 때, $k=0, 1, \dots, N_{slice}-1$ 이고, N_{slice} 는 프레임 내의 슬라이스 개수를 의미한다. $q_{i,k}$ 는 $\hat{q}_{i,k}$ 와 $\Delta q_{i,k}$ 로 구성되고, $\hat{q}_{i,k}$ 는 E_{tgt_i} 에 의해 결정되는 초기 양자화 파라미터이고, $\Delta q_{i,k}$ 는 $k-1$ 번째 슬라이스까지 발생한 비트 카운트를 고려해서 선택되는 추가 양자화 파라미터이다.

<76> 우선, k 번째 슬라이스에 대한 파라미터 $\hat{q}_{i,k}$ 의 결정이 요구된다. 이 때, 만약

$E_i^{tgt} = \hat{E}_i(Q_{tgt})$ 이면 $\hat{q}_{i,k}$ 는 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})를 세팅하고, 만약 $E_i^{tgt} = aE_i^+$ 이면 목표 비트율(E_i^{tgt})를 따르기 위해 Kim이 제안한 방법을 사용하여 $\hat{q}_{i,k}$ 을 적절히 선택한다. 이와 같은 두 가지 방법들은 [수학식 11]로부터 유도된다.

<77> k 번째 슬라이스에 대한 파라미터($\hat{q}_{i,k}$)가 결정된 후, $\Delta q_{i,k}$ 가 결정된다. 이는 실제로 발생하는 비트 카운트와 i 번째 프레임 내에서 $k-1$ 슬라이스까지의 비트 카운트의 상한선을 고려함에 의해서 선택되는데, $E_{i,k}^{tgt}$ 를 i 번째 프레임 내의 k 슬라이스를 위한 최대 비트 수라 할 때, $\Delta q_{i,k}$ 는 [수학식 13]과 같이 구해진다.

<78> [수학식 13]

<79>
$$\Delta q_{i,k} = \min \{ 31, \Delta q_{i,k-1} + 1 \}, \text{ if } \left(\sum_{j=0}^{k-1} E_{i,j} > \sum_{j=0}^{k-1} E_{i,j}^+ \right)$$

<80>
$$\Delta q_{i,k} = \max \{ 0, \Delta q_{i,k-1} - 1 \}, \text{ if } \left(\sum_{j=0}^{k-1} E_{i,j} \leq \sum_{j=0}^{k-1} E_{i,j}^+ \right)$$

<81> 여기서, $\Delta q_{i,0} = 0$ 이고, $E_{i,j}$ 는 i 번째 프레임 내의 j 슬라이스로부터 실제로 발생한 비트 수이다. 마지막으로, 실제 양자화 파라미터($q_{i,k}$)는 [수학식 14]와 같이 구해진다.

<82> [수학식 14]

<83>
$$q_{i,k} = \max \{ 1, \min \{ 31, \hat{q}_{i,k} + \Delta q_{i,k} \} \}$$

<84> 여기서, 실제 양자화 파라미터($q_{i,k}$)는, 상기 파라미터($\hat{q}_{i,k}$)가 TM5 내에서 양자화 스텝 사이즈로서 사용되기 때문에 1과 31 사이의 숫자로 한정된다.

<85> 인코더 언더플로우의 상태로부터, 전송 가능한 비트 수는 $R_i \leq B_{i-1} + E_i$ 로 제한될 것이다. 실제 인코딩률(E_i)는 i 번째 프레임의 인코딩 시작 시간에서 알 수 없기 때문

에, 채널률은 [수학식 11]에 표시된 목표 비트 수(E_{tgt_i})에 의해 재정의 된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

<86> [수학식 15]

$$<87> \quad R_i = \min \{ B_{i-1}^e + E_i^{tgt}, B_{\max}^d - B_{i-1}^d + E_{i-D}, L_{\max} - L_{i-1} + R_s \}$$

<88> 인코딩률은 $E_i = E_i^{tgt}$ 가 될 수 있도록 제어된다. 그 결과, $R_i = B_{i-1}^e + E_i^{tgt}$ 인 경우 발생할 수 있는 인코더 버퍼 언더플로우는 스테핑 비트에 의해서 해결될 수 있다.

<89> 이상과 같이 결정된 채널률(R_i)는 디코더 버퍼 및 LB 카운터에 의해 허용되는 최대 비율이 된다. 이와 같은 방법은, [수학식 6]에 나타난 바와 같이($B_{\max}^e - B_{i-1}^e$) 인코더 버퍼(120)로 하여금 큰 공백 구역(empty area)을 유지하도록 한다. 이 공백 구역은 인코딩률의 상한선을 확장시켜준다. 만약 인코더 버퍼(120)가 가득 차게 되면(즉, B_{i-1}^e 이 거의 B_{\max}^e 와 같게 되면) E_i^+ 는 R_i^+ 로 한정된다. 따라서, 더욱 넓어진 인코딩률의 상한선에 의해 인코딩률의 제어는 보다 덜 빈번하게 적용되고, 이것은 비디오 화질을 더욱 일정하게 만들어 준다.

<90> ATM(Asynchronous Transfer Mode) 네트워크는 이용 가능한 대역폭 또는 각각의 연결에 대한 트래픽 규약(traffic contract)의 한계에 의해 제한된 대역폭을 가지기 때문에, 제한적 VBR(constrained VBR) 전송을 수행하기 위한 연결이 반드시 요구된다. 제한적 VBR 전송의 제어를 위해서, ATM 포럼(ATM Forum)은 피크율(R_p), 유지 가능한 비율(R_s) 및 최대 버스트 길이(maximum burst length ; MBL)와 같은 파라미터들을 특정 지운다.

<91> 화질과 밀접한 관련이 있는 VBR MPEG 비디오의 전송을 보증하기 위해 목표 양자화

파라미터(Q_{tgt})와 함께 코딩된 데이터를 전송하기 위한 최대 대역폭은, 네트워크(200) 내에서 보존되는 것이 필요하다. 이는 비디오 트래픽의 피크율로서 대역폭을 보존하는 것에 의해서 획득될 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이, 비디오 시퀀스(video sequence)는 매우 다른 특성들을 가지는 발생된 비트들과 함께 각각의 장면들을 구성하기 때문에, 낮은 네트워크의 활용이 불가피하다.

<92> 평활화(또는 셰이핑)는 트래픽의 피크율을 줄이는 가장 유망한 방법들 중 하나로서, 네트워크 활용도를 효과적으로 개선한다. 그러나, 평활화 스킴이 트래픽의 매우 다른 확률적인 특성들을 고려하지 않는다면, 상기와 같은 문제는 여전히 남아있게 된다. 대역협상은 상기와 같은 문제를 극복하기 위한 또 하나의 중요한 스킴이다. 따라서, 본 발명은 평활화 및 대역협상을 위한 방법들을 제시한다.

<93> 프레임 타입들은, 미리 정의된 MPEG 비디오의 GOP 패턴에 의해서 주기적 형태로 나타나기 때문에, MPEG 비디오 소오스로부터 발생된 트래픽 패턴은 기본적으로 GOP 레벨에서 결정된다. 따라서, 협상을 하기 위해서, GOP 사이즈의 배수로 트래픽을 모니터링 하는 구간을 선택하는 것이 합당하다. 여기서, 우리는 트래픽을 모니터링 하기 위한 하나의 GOP 구간을 사용하며, GOP는 G_N 프레임으로 구성된다.

<94> $E_{avg}(Q_{tgt})$ 및 $E_{max}(Q_{tgt})$ 는 현재 프레임(i)을 포함하는 GOP 구간의 프레임 당 평균 비트수 및 프레임 당 최대의 비트수를 각각 나타낸다. i 번째 프레임이 코딩된 이후의 프레임 당 평균 비트 수 및 프레임 당 최대의 비트 수는 각각 다음과 같다.

<95> [수학식 17]

<96>
$$E_{avg}(Q_{tgt}) = \frac{1}{G_N} \sum_{j=0}^{G_N-1} E_{i-j}(Q_{tgt})$$

$$<97> \quad E_{\max}(Q_{igt}) = K_m \times \max \{E_i(Q_{igt}), E_{i-1}(Q_{igt}), \dots, E_{i-G_N+1}(Q_{igt})\}$$

<98> 여기서, $K_m (\geq 1)$ 은 상수이고, 상수 K_m 의 목적은 최대 비트율($E_{\max}(Q_{igt})$)를 선택하기 위한 마진을 제공하는 것이다. 예를 들어, $K_m = 1$ 인 경우, 최대 비트율($E_{\max}(Q_{igt})$)은 GOP 구간 동안의 최대 비트율과 같게 된다. 그리고, 만약 $K_m = 2$ 가 되면, 최대 비트율($E_{\max}(Q_{igt})$)은 상기 비트율의 2배가 된다. [수학식 16] 및 [수학식 17]에서 발생된 비트 수 $E_j(Q_{igt})$ ($j = i-G_N+1, \dots, i$)는, j 번째 프레임이 목표 양자화 파라미터(Q_{tgt})와 함께 코딩되면 $E_j(Q_{igt}) = E_j$ (for $i-G_N+1 \leq j < i$)과 같이 정의되고, 그렇지 않은 경우에는 $E_j(Q_{igt}) = \tilde{E}_j(Q_{igt})$ 과 같이 정의된다. 그리고 $E_j(Q_{igt}) = \tilde{E}_j(Q_{igt})$ 는, i 번째 프레임이 코딩되지 않았기 때문에 절대적인 것이 된다.

<99> \tilde{R}_s 및 \tilde{R}_p 은 일반적인 유지 가능한 비율(normal sustainable rate) 및 현재 프레임(i)을 포함하는 지난 GOP 구간에 대한 현재 프레임(i)을 포함하는 지난 GOP 구간에 대한 피크율을 각각 나타낸다. \tilde{R}_s 및 \tilde{R}_p 각각은 다음과 같이 표시된다.

<100> [수학식 18]

$$<101> \quad \tilde{R}_s = E_{avg}(Q_{igt}) + K_s \{E_{\max}(Q_{igt}) - E_{avg}(Q_{igt})\}$$

<102> [수학식 19]

$$<103> \quad \tilde{R}_p = \tilde{R}_s + K_p \{E_{\max}(Q_{igt}) - \tilde{R}_s\}$$

<104> 여기서, K_s 및 K_p 는 $0 \leq K_s \leq 1$ 및 $0 \leq K_p \leq 1$ 의 조건을 각각 만족시키는 상수들이다. 그러므로, \tilde{R}_s 및 \tilde{R}_p 은 $E_{avg}(Q_{igt}) \leq \tilde{R}_s \leq E_{\max}(Q_{igt})$ 및 $\tilde{R}_s \leq \tilde{R}_p \leq E_{\max}(Q_{igt})$ 의 조건을 각각 만족한다. 만약 $K_p = 1$ 이면 트래픽은 평활화되지 않고(즉, $\tilde{R}_p = E_{\max}(Q_{igt})$), 비평활화 VBR(no smoothed VBR)로 정의된다. $K_p < 1$ 인 동안에는 코딩된 이후 프레임 당 최대의

비트 수($E_{\max}(Q_{igt})$)는 $\widetilde{R}_p(<E_{\max}(Q_{igt}))$ 으로 평활화 된다. 이 경우에 있어서, 상기 시스템은 평활화 버퍼(smoothing buffer)를 필요로 한다.

<105> 대역협상의 목적은, 화면 내용(scene contents)과 함께 변화하는 특정 대역폭을 동적으로 배치하기 위함이다. 우리는 트래픽 변동 경향(traffic variation trend ; UPC_{var}) ($=0, 1, 2, \dots$)의 인덱스를 정의하며, 상기 인덱스는 현재의 유지 가능한 비율(R_s)와 함께 일반적인 유지 가능한 비율(\widetilde{R}_s)를 비교함에 의해서 [수학식 20]과 같이 결정된다.

<106> [수학식 20]

<107> if $(\widetilde{R}_s < (1-b)R_s)$, decrement UPC_{var}

<108> else if $((1+b)R_s < \widetilde{R}_s)$, increment UPC_{var}

<109> else if $(0 < UPC_{var})$, decrement UPC_{var}

<110> else if $\langle PSTYLE \rangle (UPC_{var} < 0)$, increment UPC_{var}

<111> else $UPC_{var} = 0$

<112> 여기서, $0 \leq b < 1$ 이고, UPC_{var} 의 초기값은 0으로 세팅된다. 대역폭이 협상되려고 하거나 또는 그렇지 않을 때마다, 상기 대역폭은 UPC_{var} 와 미리 정의된 드레솔드 값 $X (\geq 0)$ 의 비교에 의해서 결정된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

<113> [수학식 21]

<114> if $|UPC_{var}| > X$, $\{R_s, R_p, MBL\} = \{\widetilde{R}_s, \widetilde{R}_p, \widetilde{R}_p\}$ 으로 대역협상

<115> 여기서, b 및 X 값은 대역협상 비율을 결정한다. 만약 b 값이 1에 근접하거나, 또

는 X 값이 큰 값으로 세팅되면, 대역협상은 거의 수행되지 않게 된다. 대역협상

시간(T_{nego})은 대역협상이 시작되는 시간부터 끝나는 시간까지 소비되는 프레임 주기로 정의된다. 본 발명에서는 대역협상은 다음 I-프레임으로부터 대역협상 시간(T_{nego}) 전까지 수행된다고 가정한다. 이는, 현재의 트래픽 파라미터들이 다음 I-프레임 시간에서 새로운 트래픽 파라미터들에 의해서 바뀌는 것을 의미한다. 모의 실험에서, $D \leq 3$ 프레임이면 $T_{nego} = 3T$ 가 되고, 그렇지 않은 경우에는 $T_{nego} = DT$ 가 된다.

<116> 협상된 트래픽 파라미터를 기초로 한 LB 카운터 사이즈는 아래 [수학식 22]와 같다

<117> [수학식 22]

$$<118> \quad L_{\max} = R_p - R_s$$

<119> 이는, $L_i=0$ 일 때 피크율 내의 최대 버스트 길이(MBL)가 협상된 비트율(R_p)과 같게 되는 것을 의미한다(즉, $MBL = R_p$). L_{\max} 는, LB 카운터가 $R_s = R_s$ 비트에 의해 증가되고, 프레임 구간(i) 동안 R_s 비트에 의해 감소되도록 하기 위한 LB 카운터의 적정 사이즈이다.

<120> 간단한 장면으로부터 복잡한 장면으로 장면 변화가 일어날 때, 변화된 프레임이 큰 양자화 파라미터와 함께 양자화됨에도 불구하고 현재의 트래픽 파라미터들은 방해받게 된다. 이는, 이전의 트래픽 파라미터들이 변화된 프레임을 위해 사용되기 때문이며, 변화된 상기 프레임은 이전 장면과 다른 특성을 가진다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 우리는 유지 가능한 비율 (R_s)의 하한치를 정의한다.

<121> VBR 트래픽은 딜레이 없이 전송될 수 있거나(즉, 무지연 BVR), 또는 평활화 메카니

증에 의해 일부 딜레이될 수 있다(즉, 평활화 BVR).

<122> 먼저, 무지연 BVR의 경우, 이상적인 VBR 트래픽 전송은 딜레이, 즉 버퍼를 필요치 않으며, 무제한적인 대역폭이 트래픽에 제공될 때 상기 무지연 BVR이 획득될 수 있다. 무제한적인 대역폭은 그것의 피크율에서 트래픽의 전송을 보증할 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이, 상기 피크율의 할당은 네트워크 리소스를 비효과적으로 활용하도록 한다. 이러한 비효율성은 앞에서 설명한 대역협상 스킴을 적용함에 의해서 개선될 수 있다.

<123> 무지연 BVR 전송을 위한 필요 요건으로는, $D=0$ 인 것과 $B_{\max}^e + B_{\max}^d = 0$ 인 것이 있다. 대역협상을 위한 트래픽 파라미터들의 상태를 분석해 보면 다음과 같다.

<124> 딜레이 없이 코딩된 데이터 $E_i(Q_{tgt})$ 의 전송하기 위해서, 전송률의 상한선은 [수학식 5]로부터 $R_i^+ = \min \{E_i(Q_{tgt}), L_{\max} - L_{i-1} + R_s\}$ 가 되어야 한다. 그러므로, 만약 $E_i(Q_{tgt}) \leq L_{\max} - L_{i-1} + R_s$ 이면 $R_i^+ = E_i(Q_{tgt})$ (for all i)가 된다. 여기서, $E_i(Q_{tgt}) \leq E_{\max}(Q_{tgt})$ 이고 $R_s \leq L_{\max} - L_{i-1} + R_s \leq R_p$ 이다. 만약 $E_{\max}(Q_{tgt}) \leq L_{\max} - L_{i-1} + R_s = R_p$ (for $E_i(Q_{tgt}) = E_{\max}(Q_{tgt})$) 이고, $L_{\max} - L_{i-1} + R_s$, ($j = i - G_{N+1}, \dots, i$)의 평균이 임의의 GOP의 $E_{avg}(Q_{tgt})$ 보다 크다면, 모든 데이터는 딜레이 없이 전송 가능하다. [수학식 16] 내지 [수학식 19]로부터 무지연 VBR을 위한 바람직한 조건은 $D=0$ 이고 $B_{\max}^e + B_{\max}^d = 0$ 인 조건과 함께 $K_m > 1$, $K_s > 0$, 그리고 $K_p = 1$ 이다. 만약 협상된 트래픽 파라미터들이 R_s , R_p , MBL이라면 LB 카운터의 사이즈는 [수학식 22]에 의해 $R_p - R_s$ 가 된다. 그리고 전송률의 상한선은 [수학식 5]에 의해서 $R_i^+ = \min \{E_i, L_{\max} - L_{i-1} + R_s\}$ 가 된다. 그 결과, $E_i \leq R_i^+$ 가 될 수 있도록 인코딩률이 조절된다.

- <125> 이어서 평활화 BVR의 경우, 평활화(smoothing)는 네트워크 활용을 개선함은 물론 트래픽 플로우들(traffic flows)의 낭비를 방지하기 위한 하나의 방법이다. 여기서, 우리는 피크율을 유지 가능한 비율로 줄일 수 있는 트래픽 평활화 스킴을 제안한다. 트래픽 평활화는 $D > 0$ 이고 $B_{\max}^e + B_{\max}^d > 0$ 인 조건을 필요로 한다.
- <126> [수학식 18] 및 [수학식 19]로부터 피크율(R_p) 및 유지 가능한 비율(R_s) 사이에는, 두 가지 특정 상태, 즉 전송률(R_i)은 피크율(R_p) 보다 항상 작거나 같고, 전송률(R_i)의 평균은 유지 가능한 비율(R_s) 보다 작거나 같은 특정 상태가 도출된다. $K_p = 1$ 일 때, 피크율(R_p)는 유지 가능한 비율(R_s) 보다 크거나 같다. $K_p = 0$ 일 때, 전송률(R_i)는 $R_p = R_s$ 에 의해 그 상한선이 정해질 수 있다. 즉, 전송률(R_i)는 유지 가능한 비율(R_s)도 평활화 된다(여기서, $D > 0$). 평활화 BVR은 $K_p = 0$ 및 $D > 0$ 과 같이 정의된다. 만약 $K_p < 1$ 이면 최대 비트율($E_{\max}(Q_{tgt})$)은 [수학식 19]에 의해 평활화 된다. 평활화 BVR의 경우, [수학식 22]에 의해 $L_{\max} = 0$ 이기 때문에, [수학식 5]의 채널률의 상한선, 즉 i 번째 프레임 구간 동안 전송될 수 있는 최대 비트 수(R_i^+)는 아래 [수학식 23]과 같게 된다.
- <127> [수학식 23]
- <128>
$$R_i^+ = \min \{ B_{\max}^d - B_{i-1}^d + E_{i-D}, R_s \}$$
- <129> $R_i(\leq R_s)$ 에서 Q_{tgt} 와 함께 코딩된 데이터 $E_i(Q_{tgt})$ 을 전송하기 위해서, $E_i(Q_{tgt}) = E_i^+$ 조건이 만족되어야 한다. $B_{i-1}^d = 0$ 일 때, i 번째 프레임 구간 동안 전송될 수 있는 최대 비트 수(R_i^+)는 [수학식 23]에 의해 유지 가능한 비율(R_s)로 제한된다.
- $R_j^+ = R_s, (j = i, i+1, \dots, i+D)$ 일 때, 채널을 통해 가장 큰 데이터가 전송될 수 있다. 이 경우, [수학식 6]에 의해서 $E_i(Q_{tgt}) = E_i^+ = B_{i-D-1}^d + R_s$ 조건이 다음과 같이 주어진다.

<130> [수학식 24]

$$\sum_{j=0}^D E_{i-j}(Q_{tgt}) \leq R_s(D+1)$$

<132> [수학식 4] 및 [수학식 24]는 모든 $E_i(Q_{tgt})$ 가 평활화된 비율 $R_i(=R_s)$ 에서 전송될 수 있도록 하기 위해 선택된 조건들이다. 작은 D의 값은 유지 가능한 비율(R_s)를 $E_{\max}(Q_{tgt})$ 에 근접하게 하기 때문에, 상수 K_s 는 1에 근접해야만 한다. 딜레이(D)를 시퀀스의 전체 길이와 같다고 할 때, 모든 프레임들은 Q_{tgt} 와 함께 코딩되고, 코딩된 이후에는 일정 비트율($E_{avg}(Q_{tgt})$)로 전송된다.

<133> 예를 들어, MPEG 시퀀스를 IBPBPBPBPBPB의 GOP 구조로 간주하자. 딜레이가 D 프레임일 때, [수학식 4] 및 [수학식 24]와 같은 조건을 만족시키는 몇몇 일련의 프레임들 (D+1) 중 I-프레임이 (D+1) 프레임들 내에 포함될 때, 최대의 비트 수가 발생된다. GOP 구조를 '1, 2, 3'이라고 할 때, D = 3이고 일정한 화질을 위한 I-, P- 및 B-프레임의 데이터율이 $x : y : z$ 일 때, 평활화된 유지 가능한 비율(R_s)은 $R_s = (x+y+2z)U/4$ 가 된다. 여기서, U는 상기 비율을 반영한 상수이다. 만약 $x:y:z = 4:2:1$ 이면, $E_{\max}(Q_{tgt})(=x) : E_{avg}(Q_{tgt}) : R_s = 4 : 5/3 : 2$ 가 된다. 이 경우, 평활화율 또는 유지 가능한 비율(R_s)은 $E_{\max}(Q_{tgt})$ 의 절반이 되고, $E_{avg}(Q_{tgt})$ 의 20% 수준이 된다. 그리고, 만약 D = 5라면, 유지 가능한 비율(R_s)은 $E_{avg}(Q_{tgt})$ 보다 10% 더 커진다.

<134> 이상에서, 본 발명에 따른 회로의 구성 및 동작을 상기한 설명 및 도면에 따라 도시하였지만 이는 예를 들어 설명한 것에 불과하며 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변화 및 변경이 가능함은 물론이다.



【발명의 효과】

<135> 이상과 같은 본 발명에 의하면, 가변 비트율 엠팩 비디오를 일관된 화질로 실시간
에 전송할 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

비디오 전송 시스템에 있어서:

비디오 데이터를 인코딩하기 위한 비디오 인코더와;

상기 비디오 인코더로부터 인코딩된 데이터를 저장하기 위한 인코더 버퍼와;

상기 비디오 데이터의 프레임에 대한 이산 코사인 변환 계수에 응답해서 상기 프레임 동안 목표 양자화 파라미터에 의해 양자화 되는 비트 수를 추정하고, 슬라이스 레벨을 기초로 하는 양자화 파라미터들을 상기 인코더로 발생하기 위한 인코딩률 제어기와;

상기 인코딩률 제어기로부터 발생된 상기 비트 수에 응답해서 평활화 및 대역협상을 위한 파라미터들을 발생하기 위한 채널률 제어기와;

상기 채널률 제어기로부터 발생된 상기 파라미터들에 응답해서 협상된 파라미터들을 발생하기 위한 네트워크; 그리고

상기 네트워크로부터 발생된 상기 협상된 파라미터들에 응답해서 상기 인코더 버퍼에 저장되어 있는 상기 비디오 데이터를 상기 네트워크를 통해 전송하기 위한 리키 버킷 카운터(Leaky Bucket counter)를 포함하는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠펙 비디오 전송 시스템.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 채널률 제어기는, 상기 네트워크로부터 발생된 상기 협상된 파라미터들에 응

답해서 사기 프레임 구간 동안 발생되고 저장될 수 있는 최대 비트 수를 발생하는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 3】

제 2 항에 있어서,

상기 채널를 제어기는, 발생된 상기 최대 비트 수에 응답해서 상기 인코더 버퍼를 통해 상기 네트워크로 전송되는 상기 인코딩된 비디오 데이터의 실제 비트율을 결정하는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서,

상기 채널를 제어기는, 상기 인코더 버퍼의 언더플로우를 방지하기 위해 비트들로 채워지는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 채널를 제어기로부터 발생된 평활화 및 대역협상을 위한 상기 파라미터들은 피크율, 유지 가능한 비율, 그리고 최대 버스트 길이인 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서,

상기 피크율은 상기 유지 가능한 비율로 평활화 되는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 7】

제 2 항에 있어서,

상기 인코딩률 제어기는, 상기 채널률 제어기로부터 발생된 상기 최대 비트 수에 응답해서 상기 프레임 동안 목표 양자화 파라미터에 의해 양자화 되는 실제 비트 수를 발생하고, 상기 양자화 파라미터들을 적절히 조정함에 의해서 상기 비디오 인코더의 인코딩률을 제어하는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서,

상기 리키 버킷 카운터는, 상기 프레임이 인코딩 되는 동안 상기 프레임 구간 동안 전송되는 비트 수를 증가시키고 유지 가능한 비트를 감소시키되, 상기 카운터가 가득 찰 경우에는 상기 인코더 버퍼로부터 전송된 데이터를 버리는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서,

상기 네트워크는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 네트워크를 포함하는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【청구항 10】

제 1 항에 있어서,

상기 인코딩된 비디오 데이터는 가변 비트율 엠팩 비디오 데이터(VBR MPEG video data)를 포함하는 것을 특징으로 하는 일관된 화질을 가지는 실시간 가변 비트율 엠팩 비디오 전송 시스템.

【도면】

【도 1】

